

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Putaka

Penelitian terhadap performa Yamaha Vixion 150 menggunakan *magic ring* dan modifikasi *exhaust manifold* dengan variasi perbandingan diameter outlet *diffuser* terhadap diameter inlet *diffuser* 1,25, 1,40, dan 1,60 (Ummi Kultsum, 2019) hasil pengujian menunjukan torsi terbesar didapatkan ketika sepeda motor menggunakan modifikasi *exhaust manifold* dengan perbandingan diameter outlet *diffuser* terhadap diameter inlet *diffuser* 1,25. Torsi meningkat dari kondisi sepeda motor standar yaitu 13,75 Nm pada putaran 6115 RPM, menjadi 15,23 Nm pada putaran 6126 RPM. Kenaikan daya terbesar juga didapatkan ketika sepeda motor menggunakan modifikasi *exhaust manifold diffuser* dengan perbandingan diameter outlet *diffuser* terhadap diameter inlet *diffuser* 1,25. Dengan daya pada sepeda motor kondisi standar sebesar 14,1 HP pada putaran 8121 RPM, menjadi 14,7 HP pada putaran 8231 RPM.

Dalam penelitian pengaruh *exhaust manifold* terhadap konsumsi bahan bakar pada Suzuki Smash tahun 2007 (Adhiela

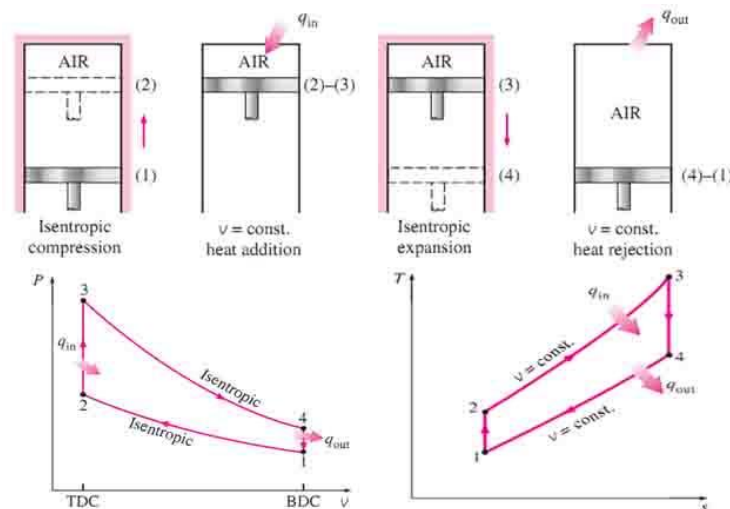
Noer, dkk, 2014) hasil yang didapatkan adalah knalpot yang dimodifikasi dengan memperbesar leher buang, mengalami konsumsi energi yang lebih tinggi. Hal ini diduga karena banyaknya ,energi kalor yang terbuang akibat diperbesarnya leher buang gas sisa. Pernyataan tersebut dapat diperjelas dengan teori neraca kalor yang mana energi kalor yang efektif hanya 25%, sisanya terbuang melalui saluran pendingin, akibat gesekan, melalui gas buang dan kerugian mekanik lainnya.

Dalam penelitian pengaruh diameter pipa saluran gas buang tipe *Straight Throw Muffler* terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah (Andi Sanata, 2011) menyatakan bahwa torsi optimum 7 N.m dengan knalpot uji 1¼ inch dan 1½ inch di 6000 rpm dan torsi minimum 5,5 N.m dengan knalpot standar di 6000 rpm. Daya optimum 6,5 HP dengan knalpot uji 1¼ inch , dan 1½ inch di 7000 rpm, dan daya minimum 5,2 HP dengan knalpot standar di 7000 rpm. Terjadi peningkatan torsi sebesar 27,3 %, dan peningkatan daya sebesar 25% dibandingkan dengan knalpot standar, hal ini dimungkinkan tekanan balik (*back pressure*) dapat diminimalisir sehingga gas buang dapat keluar dengan mudah secara keseluruhan dalam waktu yang bersamaan.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Siklus Otto

Pada siklus otto atau siklus volume konstan proses pembakaran terjadi pada volume konstan, sedangkan siklus otto tersebut ada yang berlangsung dengan 4 (empat) langkah atau 2 (dua) langkah. Untuk mesin 4 (empat) langkah siklus kerja terjadi dengan 4 (empat) langkah piston atau 2 (dua) poros engkol. Adapun langkah dalam siklus otto yaitu gerakan piston dari titik puncak (TMA = titik mati atas) ke posisi bawah (TMB = titik mati bawah) dalam silinder. Diagram P-V dan T-S siklus otto dapat dilihat pada (gambar 2.1) dibawah sebagai berikut



Gambar 2. 1. Diagram P-V dan T-S

Proses siklus otto sebagai berikut :

- a. Proses 1-2 : proses kompresi *isentropic* (*adiabatic reversible*) dimana piston bergerak menuju (TMA=titik mati atas) mengkompresikan udara sampai volume *clearance* sehingga tekanan dan temperatur udara naik.
- b. Proses 2-3 : pemasukan kalor konstan, piston sesaat pada (TMA=titik mati atas) bersamaan kalor suplai dari sekelilingnya serta tekanan dan temperatur meningkat hingga nilai maksimum dalam siklus.
- c. Proses 3-4 : proses isentropik udara panas dengan tekanan tinggi mendorong piston turun menuju (TMB = titik mati bawah), energi dilepaskan disekeliling berupa internal energi.
- d. Proses 4-1 : proses pelepasan kalor pada volume konstan piston sesaat pada (TMB = titik mati bawah) dengan mentransfer kalor ke sekeliling dan kembali mlangkah pada titik awal.

Kerja net pada siklus motor bakar empat langkah ( $W_{net}$ ) dapat ditentukan dari efisiensi thermal pada siklusnya ( $\eta_{th}$ ), ditunjukkan oleh rumus berikut ini :

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$$

Keterangan :

$\eta_{th}$  = Efisiensi Thermal

$W_{net}$  = Kerja Netto

$Q_{in}$  = Kalor masuk

$Q_{out}$  = Kalor Keluar

### 2.2.2 Prestasi Mesin

Kemampuan mesin motor bakar untuk merubah energi yang masuk yaitu bahan bakar sehingga menghasilkan daya berguna disebut performa mesin atau prestasi mesin. Motor bakar adalah suatu mesin yang mengkonversi energi dari energi kimia yang terkandung pada bahan bakar menjadi energi mekanik. Daya yang berguna akan langsung dimanfaatkan sebagai penggerak adalah daya pada poros. Proses perubahan energi dari mulai proses pembakaran sampai menghasilkan daya pada poros motor bakar melewati beberapa tahapan dan tidak mungkin perubahan energinya 100%. Selalu ada kerugian yang dihasilkan dari selama proses perubahan, hal ini sesuai dengan hukum termodinamika kedua yaitu "tidak mungkin membuat sebuah mesin yang mengubah semua panas atau energi yang masuk menjadi kerja". Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi daya dan torsi motor atau kemampuan motor. Beberapa faktor yang

mempengaruhi antara lain volume silinder, perbandingan kompresi, efisiensi volumetrik, dan kualitas bahan bakar.

### 1. Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar  $F$ , benda berputar pada porosnya dengan jari-jari sebesar  $b$ , dengan data tersebut torsinya.

$$T = (FXr) \text{ (Nm)}$$

Dimana :

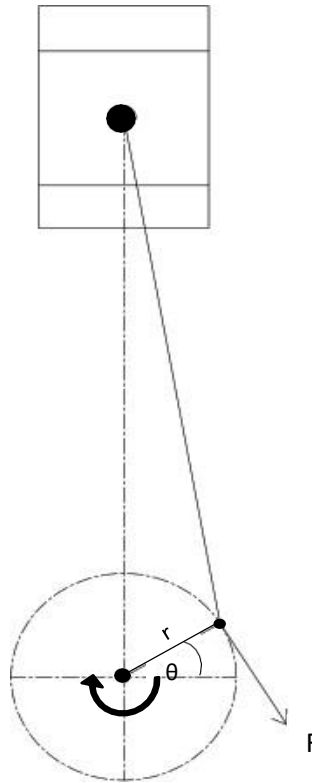
$T$  = Torsi untuk mengetahui hasil kerja mesin (Nm)

$F$  = Gaya sentrifugal (N)

$r$  = Panjang lengan (m)

Pada motor bakar empat langkah, Torsi didapatkan dari hasil kali gaya yang mendorong piston dari *Top Dead Center* (TDC) ke *Bottom Dead Center* (BDC) karena adanya lonjakan tekanan setelah terjadi kontak antara penyalaan busi dengan campuran bahan bakar dan udara yang terkompresi pada tekanan tinggi, dengan jari-jari lintasan poros engkol yang

berbentuk lingkaran. Skema torsi yang dihasilkan oleh mekanisme piston ditunjukkan oleh Gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Mekanisme Piston

## 2. Daya

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Penjelasan tersebut diperjelas oleh Wiratmaja (2010 : 20) yang mendefinisikan daya sebagai hasil dari kerja, atau dengan kata lain daya merupakan kerja atau energi yang dihasilkan mesin persatuan waktu mesin itu beroperasi. Pada motor bakar, daya dihasilkan dari proses pembakaran didalam silinder dan biasanya disebut dengan daya indiaktor. Daya tersebut dikenakan pada torak yang

bekerja bolak balik didalam silinder mesin. Jadi didalam silinder mesin, terjadi perubahan energi dari energi kimia bahan bakar dengan proses pembakaran menjadi energi mekanik pada torak (Basyirun, 2008 : 25).Sudibyo (2011 : 27) menjelaskan untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus :

$$P = \frac{2. \pi. n. T}{60.746}$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

N = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi Mesin (Nm)

### 3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan ukuran pemakaian bahan bakar oleh suatu motor, biasanya diukur dalam satuan massa bahan bakar per satuan keluaran daya. Atau juga bisa didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dipakai oleh motor untuk menghasilkan tenaga satu HP selama satu jam. Besarnya *Specific Fuel Consumption* dapat dihitung dengan persamaan :

$$KBBS = \frac{3600.m}{BHP.t}$$

Keterangan :

KBBS = Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Kg/HP.Jam)



$m$  = Massa Bahan bakar yang dikonsumsi (Kg)

BHP = Daya yang dihasilkan motor (HP)

$T$  = Waktu yang diperlukan oleh motor untuk mengkonsumsi bahan bakar sebanyak beberapa kg (detik).

Perhitungan ini populer karena mekanik dapat membandingkan sejumlah mesin, terlepas dari ukuran, untuk melihat mana yang paling efisien. Meskipun dapat diterapkan pada mesin poros, biasanya tes ini diterapkan untuk mesin mobil untuk mengevaluasi kinerja mereka. Peralatan dikenal sebagai dinamometer yang digunakan untuk datang dengan informasi yang diperlukan untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik. Dinamometer mengukur kekuatan yang berbeda saat mesin sedang berjalan. Mekanik kemudian mengambil hasil, dihubungkan ke dalam rumus untuk menghitung KBBS.

### **2.2.3 Proses Pembakaran**

Reaksi pembakaran adalah reaksi kimia bahan bakar dan oksigen yang diperoleh dari udara yang akan menghasilkan panas dan gas sisa pembakaran yang berlangsung dalam waktu yang sangat cepat. Reaksi pembakaran tersebut akan menghasilkan produk hasil pembakaran yang komposisinya tergantung dari kualitas pembakaran yang terjadi. Dalam pembakaran proses yang terjadi adalah oksidasi dengan reaksi sebagai berikut :

Karbon + Oksigen = Karbon dioksida + panas

Hidrogen + Oksigen = uap air + panas

Pembakaran akan dikatakan sempurna apabila campuran bahan bakar dan oksigen (dari udara) mempunyai perbandingan yang tepat (stoichiometric), hingga tidak diperoleh sisa. Bila oksigen terlalu banyak, dikatakan campuran kurus dan hasil pembakarannya menghasilkan api oksidasi. Sebaliknya, bila bahan bakarnya terlalu banyak (tidak cukup oksigen), dikatakan campuran kaya (rich) sehingga pembakaran ini menghasilkan api reduksi. Pada motor bensin, campuran udara dan bahan bakar tersebut dinyalakan dalam silinder oleh bunga api dari busi pada akhir langkah kompresi dengan suhu pembakaran berkisar antara 2100°K sampai 2500°K. waktu pembakaran yang teratur lamanya kira-kira 3 mili detik (0,003 s).

Oleh karena reaksi pembakaran yang sangat cepat akan mengakibatkan terjadinya gangguan dalam system pembakaran, antara lain terjadi pembakaran sendiri (self ignition) oleh karena adanya sisa bahan bakar yang tidak terbakar. Hal ini disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut :

- a. angka oktan yang terlalu rendah
- b. penyetelan sudut pengapian yang tidak tepat
- c. busi terlalu panas
- d. pendinginan terlalu miskin

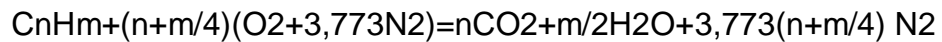
- e. terbakarnya sisa pembakaran sebelumnya
- f. bentuk ruang bakar yang tidak sesuai

Gangguan-gangguan pada pembakaran ini akan sangat merugikan efektivitas mesin maka mendapatkan untuk pembakaran yang baik maka diperlukan syarat-syarat sebagai berikut :

- a. jumlah udara yang sesuai
- b. temperatur yang sesuai dengan penyalaan bahan bakar
- c. waktu pembakaran yang cukup
- d. kerapatan yang cukup untuk merambatkan api dalam silinder.

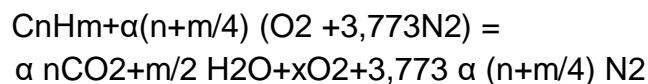
Pembakaran pada motor bakar torak adalah proses reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen yang terjadi dalam ruang bakar, yang menghasilkan energi kalor. Oksigen ini diperoleh dari campuran bahan bakar dengan udara yang masuk ke dalam mesin. Komposisi dari udara tersebut sebagian besar mengandung Oksigen dan Nitrogen serta sebagian kecil dari udara tersebut mengandung gas yang lain.

Bahan bakar yang lazim digunakan pada mesin mobil adalah bensin (premium). Rumus kimia dari bensin adalah  $C_nH_m$ , dengan perbandingan atom hidrogen dan karbon  $1.6 < H/C < 2.1$ . Adapun reaksi pembakaran bahan bakar hidrokarbon secara umum adalah:



Persamaan reaksi kimia di atas menunjukkan reaksi pembakaran yang sempurna dari 1 mol bahan bakar. Selama proses pembakaran, senyawa hidrokarbon terurai menjadi senyawa-senyawa hidrogen dan karbon yang masing-masing bereaksi dengan oksigen membentuk CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

Pada saat proses pembakaran dimana terdapat kelebihan udara,  $\alpha > 1$ , gas hasil pembakaran akan mengandung O<sub>2</sub>. maka reaksi pembakaran di atas akan berubah menjadi:



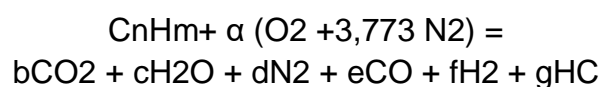
Dimana:

$\alpha$  = koefisien kelebihan udara

$x$  = jumlah mol pada sisa oksigen

$$= 0,5 [2 \alpha (n+m/4) - (2n + m/2)]$$

Untuk komposisi campuran bahan bakar dan udara dimana  $\alpha < 1$ , maka akan terjadi kekurangan O<sub>2</sub> untuk proses pembakaran. Sehingga membuat reaksi pembakaran berlangsung tidak sempurna. Akibat kekurangan ini, akan terbentuk gas CO serta terdapat sisa gas H<sub>2</sub> dan hidrokarbon HC yang belum sempat terbakar. Reaksi ini dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



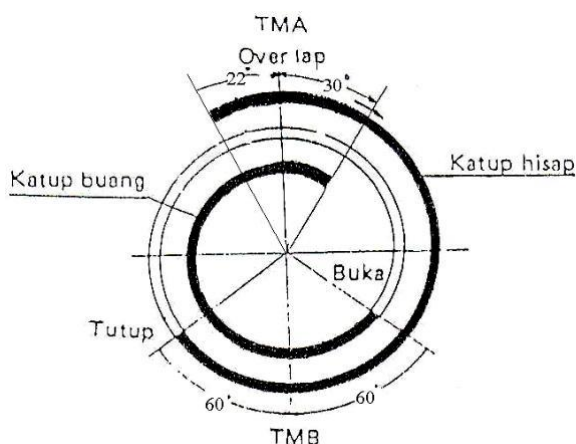
Jumlah mol dari masing-masing gas buang tersebut dapat diketahui melalui pengukuran dan analisa gas buang. Nitrogen tidak berperan pada proses pembakaran, namun pada temperatur yang tinggi nitrogen akan bereaksi membentuk senyawa NO. setelah proses pembakaran, NO ini masih bereaksi dengan oksigen membentuk NO<sub>2</sub>, yang merupakan gas berbahaya bagi kesehatan.

#### **2.2.4 *Overlapping***

Pada mesin penyalan busi, udara dan bahan bakar dicampur terlebih dahulu di sistem Intake sebelum memasuki saluran masuk silinder mesin menggunakan karburator maupun injeksi bahan bakar. Temperatur udara yang memasuki sistem intake dikondisikan dengan cara menyampurkan udara lingkungan dengan udara panas yang didapatkan dari hasil kontak dengan *exhaust manifold*. Pada langkah *intake*, saat bahan bakar dan udara bercampur, residu gas hasil pembakaran dari siklus sebelumnya yang masih tersisa ikut tercampur. Setelah katup intake tertutup, silinder akan terkompresi, dan piston naik ke Titik Mati Atas atau *Top Dead Center* (TDC) hingga tekanannya diatas atmosfir. Temperatur akan ikut meningkat seiring dengan berkurangnya volume silinder. Saat sudut *crank* diantara 10- 40 derajat sebelum mencapai TDC, arus listrik dialirkan sepanjang busi dan memulai proses pembakaran. Piston akan terdorong dan

melakukan langkah ekspansi hingga mencapai *Bottom Dead Center* (BDC) atau Titik Mati Bawah.

Ketika langkah ekspansi, sekitar  $\frac{2}{3}$  dari langkahnya katup buang akan mulai terbuka. Kondisi tekanan silinder akan lebih besar dari *exhaust manifold* dan proses peniupan atau pembakaran terjadi. Gas yang terbakar mengalir melalui saluran dan *exhaust manifold* hingga tekanan di silinder dan *exhaust* setimbang. Langkah selanjutnya adalah langkah exhaust, dimana piston akan membuang gas hasil pembakaran dari silinder ke *manifold*. Katup buang terbuka sebelum langkah ekspansi selesai untuk memastikan bahwa proses peniupan tidak terjadi terlalu lama hingga gas pembakaran ikut terbang ketika langkah buang dimulai dimana katup buang terbuka. Piston kemudian akan melakukan langkah kompresi kembali untuk langkah kerja selanjutnya. Katup buang tetap terbuka hingga sesaat setelah piston mencapai TDC, dan katup intake terbuka sesaat sebelum piston mencapai TDC. Katup – katup tersebut membuka dan menutup secara perlahan untuk menghindari kebisingan pada mesin dan keausan Cam, yang ditunjukkan dengan diagram derajat bukaan katup pada Gambar 2.3.



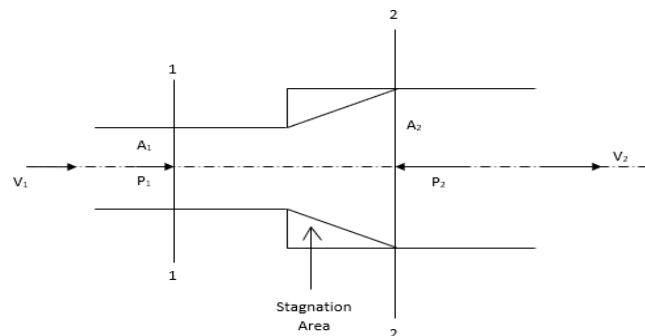
Gambar 2. 3. Diagram Derajat Buka Katup

Dalam mekanismenya, ketika katup intake dan katup buang terbuka saat piston bekerja pada kecepatan tertingginya, jeda waktu katup terbuka terkadang mengalami *overlap* ketika sudut crank diantara 8 – 9 derajat diantara langkah hisap hampir selesai dilakukan dan langkah pembakaran akan dimulai. Jika aliran *intake* disebarkan dengan tekanan dibawah tekanan *exhaust manifold*, akan terjadi aliran balik dari gas yang terbakar ke *intake manifold* ketika katup *intake* terbuka pertama kalinya.

#### 2.2.5 Diffuser

*Diffuser* merupakan alat yang digunakan untuk menurunkan kecepatan fluida, sehingga tekanannya menjadi lebih besar. Fluida akan mengalir melalui luasan area sempit menuju ke luasan area yang lebih lebar, pada saat itu akan terjadi peningkatan tekanan statis seiring dengan menurunnya energi kinetik atau kecepatan pada aliran fluida. Pada bagian *diffuser* yang melebar, inti yang memiliki potensial terbantu dengan profil kecepatan yang cukup datar. Area inti *diffuser* tersebut melebar dan dipisahkan oleh

permukaan pemisah dari fluida yang masih tersisa, yang kemudian membentuk sebuah pusaran kuat sehingga pada area tersebut percampuran fluida menjadi lebih lama. Analisa aliran fluida pada *diffuser* ditunjukkan oleh gambar 2.4 berikut ini



Gambar 2. 4. *Diffuser* dengan Pembesaran Penampang

Bergeraknya fluida melewati pipa dengan berbagai macam penampang dan ketinggian menyebabkan tekanan akan berubah di sepanjang pipanya. Persaman Bernoulli yang merupakan hukum konservasi energi pada aliran fluida, menunjukkan adanya perubahan energi pada aliran fluida melewati pipa dengan jumlah yang konstan. Ketika fluida mengalir melalui dua penampang yang berbeda, maka energi masuk fluida ke pipa sama dengan fluida keluar penampang, atau dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.9.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Fluida yang mengalir melalui suatu penampang akan selalu menemui hukum kontinuitas yaitu laju massa fluida yang masuk



akan selalu sama dengan laju massa fluida yang keluar.

Persamaan kontinuitas dituliskan sebagai berikut :

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot V_2 = \text{tetapan}$$

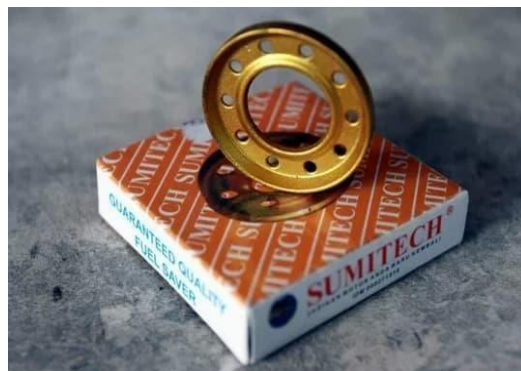
Untuk fluida-fluida *compresibel* dan bila  $\rho_1 = \rho_2$  , persamaan menjadi :

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

### 2.2.6 Teknologi Dan Inovasi Modifikasi Saluran Buang

Banyak Inovasi dan teknologi yang dikembangkan supaya performa sepeda motor meningkat sesuai kebutuhan penggunaanya. Berikut ini beberapa contoh modifikasi sistem saluran buang pada sepeda motor :

#### 1. *Magic Ring*



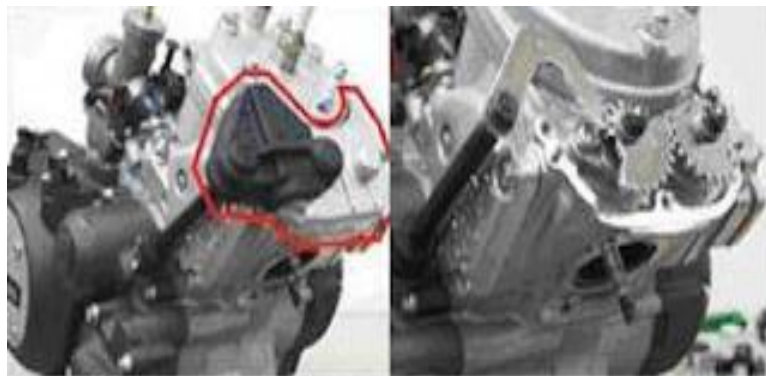
Gambar 2. 5. *Magic Ring*

*Magic ring* merupakan teknologi untuk menghemat bahan bakar yang dikembangkan oleh Bapak Sumiyanto, yang berasal dari kabupaten Boyolali Jawa Tengah. *Magic ring* memiliki bentuk fisik berupa *ring* (cincin) dengan beberapa lubang pada sepanjang permukaan yang mengelilingi lubang besar pada

pusat *ring*. Prinsip kerjanya yaitu dengan memanfaatkan kembali gas aktif pada gas buang, pada saat alat ini terpasang gas aktif yang seharusnya terbangun akan kembali menuju ruang bakar, sehingga campuran di ruang bakar ini menjadi homogen dan akan mempercepat proses pembakaran.

*Magic ring* awal mulanya hanya dipasarkan di bengkel yang dijalankan bersama istrinya saja, setelah mendapat respon positif dari masyarakat, akhirnya dipatenkan pada tahun 2009. Dalam performanya sendiri *magic ring* di klaim dapat menghemat bahan bakar hingga 33,3 %.

## 2. Super KIPS (*Kawasaki Integrated Powervalue System*)

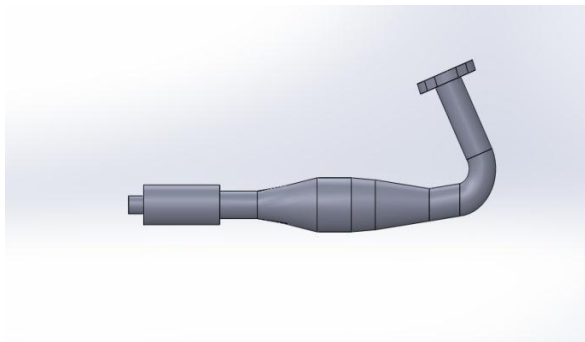


Gambar 2. 6. Super KIPS Pada Kawasaki

Super KIPS merupakan teknologi pada kendaraan Kawasaki yang berguna untuk meningkatkan tenaga atau *power* pada sepeda motor. Bagian terpenting dari Super KIPS berupa klep (valve). Klep pada Super KIPS akan menutup pada saat putaran rendah karena suhu mesin cenderung lebih rendah pada saat mesin pertama kali dinyalakan. Tertutupnya klep Super KIPS

membuat campuran udara dan bahan bakar setelah proses pembakaran hanya terbang sedikit, sehingga proses pembakaran selanjutnya menjadi lebih cepat. Pada saat mesin bekerja dengan putaran tinggi dan suhu tinggi, klep pada Super KIPS akan membuka untuk melancarkan proses pembuangan gas sisa pembakaran dan menjaga suhu *exhaust manifold* tidak terlalu tinggi.

### 3. Knalpot *Racing 3V3*



Gambar 2. 7. Desain Knalpot *Racing 3V3*

Knalpot *Racing 3V3* merupakan knalpot yang digunakan untuk sepeda motor Yamaha RX King. Knalpot ini terbuat dari bahan galvanis, karena mudah didapatkan dengan harga terjangkau dan kualitas yang baik. Menurut hasil dynotest saat menggunakan knalpot *Racing 3V3* menunjukkan tenaga meningkat kembali hingga 17.000 rpm dan pada 17.210 rpm mendapatkan tenaga puncak yaitu 28,1 HP dan torsi 11,6 Nm pada 17.123 rpm.